

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT
School of Energy Systems
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sami Piironen

DIODILASERIIN PERUSTUVA PAPERISÄKKIMERKKAIN

Tarkastajat: Professori Pertti Silventoinen
Tkt Juhamatti Korhonen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Energy Systems
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sami Piironen

Diodilaseriin perustuva paperisäkkimerkkain

Diplomityö

2019

28 sivua, 18 kuvaa ja 2 taulukkoa

Tarkastajat: Professori Pertti Silventoinen ja TkT Juhamatti Korhonen

Hakusanat: diodilaser, merkkain, 3D-tulostus

Keywords: diode laser, marker, 3D printing

Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa kahdella akselilla liikkuvaa diodilaseria käyttävä paperisäkkimerkkain. Laite käyttää ilmaisohjelmia ja avoimen lähdekoodin firmwarea. Laite rakennettiin 3D-tulostimissa ja laserkaivertimissa käytetyillä komponenteilla. Suunnitellut muoviosat toteutettiin 3D-tulostuksella. Laitteen toiminta saatiin riittävälle tasolle, mutta laserin tekemä merkkajälki kaipaa jatkokehittelyä.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT
School of Energy Systems
Degree Programme in Electrical Engineering

Sami Piironen

Paper bag marker based on diode laser

Master's thesis

2019

28 pages, 18 figures and 2 tables

Examiners: Professor Pertti Silventoinen and M.Sc. (Tech.) Juhamatti Korhonen

Keywords: diode laser, marker, 3D printing

Goal of this work was to design and build paper bag marking machine that uses 2-axis diode laser. The Machine uses free software and open source firmware. The Machine was built from parts that are used on 3D printers and laser engravers. Designed plastic parts were made using 3D printing. Operational goal was achieved but marking quality needs further development.

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

PWM Pulssinleveysmodulaatio

USB Universal Serie Bus

Sisällysluettelo

1	Johdanto	6
1.1	Tavoitteet	7
2	Osien kartoitus	8
2.1	Ohjainlevy	8
2.2	Askelmoottoriohjaimet	9
2.3	Rajoitin kytkimet	10
2.4	Moottorit	10
2.5	Näyttö & ohjain	11
2.6	Laser	11
2.7	Runko.....	12
3	Toiminta ja toteutus	13
3.1	3D-tulostetut osat.....	14
3.2	Näytön ja ohjainlevyn kotelointi	15
3.3	Säkin siirtely	16
3.4	Säkkikotelo	19
3.5	Kuristin	20
3.6	Poistorulla	20
3.7	Firmware.....	21
4	Tulokset.....	23
5	Johtopäätökset.....	26
	LÄHDELUETTELO	28

1 Johdanto

Työn tavoitteena oli rakentaa paperisäkeille soveltuva diodilaseria hyödyntävä merkkain käyttämällä avoimen lähdekoodin ohjelmistoja sekä viime aikoina yleistyneiden tee se itse laserkaivertimien ja 3D-tulostimien osia. Lasermerkkain rakennettiin omaan käyttöön, korvaamaan käsileimaisimet perunasäkkeihin tehtävässä tietojen merkkauksessa. Ajatus laitteen rakentamisesta sekä toteutus tavasta syntyi pari vuotta käytössä olleen 3D-tulostimen pohjalta. Laitteessa käytetyt komponentit sekä ohjelmistot olivat täten valmiiksi tuttuja sekä laitteen rakennuskulut olisivat itse rahoitettavissa.

Alusta asti oli selvää, että liikuteltava diodilaser ei ole paras ja nopein merkkaustapa. Markkinoilla on tehokkaampia integroitavia CO_2 - ja kuitulasereita sekä mustesuihkumerkkauslaitteita. Merkkaustarpeen kuitenkin ollessa kohtuullisen pieni, olisi valmiiden ja kalliiden laitteistojen käyttö perustelematonta. Valmiidenkaan ratkaisujen käyttäminen ei olisi poistanut linjaston rakentamisen tarvetta sillä säkit eivät täyden yhteydessä kulje millään linjastolla, vaan niitä siirrellään käsiä käyttämällä. Säkkiin merkattavia tietoja voitaisiin jossain määrin tehdä jo säkkien muun värityksen yhteydessä tilauspaikassa mutta suurin osa tiedoista, kuten lajike- ja kokotiedot ja pakkausmäärät tarkentuvat vasta aikana, jota ennen pakkausmateriaalit täytyy tilata. Säkit nykyisellään merkataan käsikäyttöisellä tekstileimasimella, lajikkeita on yli 5 kappaletta ja kokoa kahta erilaista, olisi tarvittavien leimaisimien määrä tällöin yli 10 kappaletta. Tästä aiheutuu yleensä se, että vähintään yksi on kateissa, toisesta on muste loppu ja kolmas on muuten vain rikki. Käsileimaisin ja oikea säkkien käsittely on nopea merkkaustapa, jonka nopeuteen uusi laitteisto ei tule yltämään. Tarkoituksena on merkata säkkeitä aikana, jolloin samalla voidaan suorittaa muita työtehtäviä, sekä parantaa merkkauksen luettavuutta sillä käsileimaisimen jälki jossain vaiheessa merkkausta heikkenee joko musteen loppuessa tai leimaisimen huonosta kontaktista säkkiin.

1.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena oli suunnitella sekä toteuttaa laite, joka toteuttaa seuraavat toiminnot sekä vaatimukset.

- Merkkausalue x-suunnassa vähintään 15kg säkin levyinen
- Laitteen on kyettävä itse vaihtamaan merkattava säkki
- Merkkausnopeus alle 10 sekuntia per säkki
- Laitteen pitää pystyä toimimaan yksinään tai tietokoneen käskytyksellä
- Laitteen osat lukuun ottamatta ruuveja, pultteja, laakereita on oltava 3D-tulostettavia helpon muunneltavuuden sekä varaosien kannalta.
- Laitteen on kyettävä merkkaamaan kolmea eri säkki kokoa 5, 10 ja 15 kg.
- Hinta maksimissaan 600 €

Työn tavoitteena oli toteuttaa jokainen toiminnan osa siihen pisteeseen, jotta sen toimintaa voisi testata ja myöhemmin yhdistää toimivat osat toisiinsa.

2 Osien kartoitus

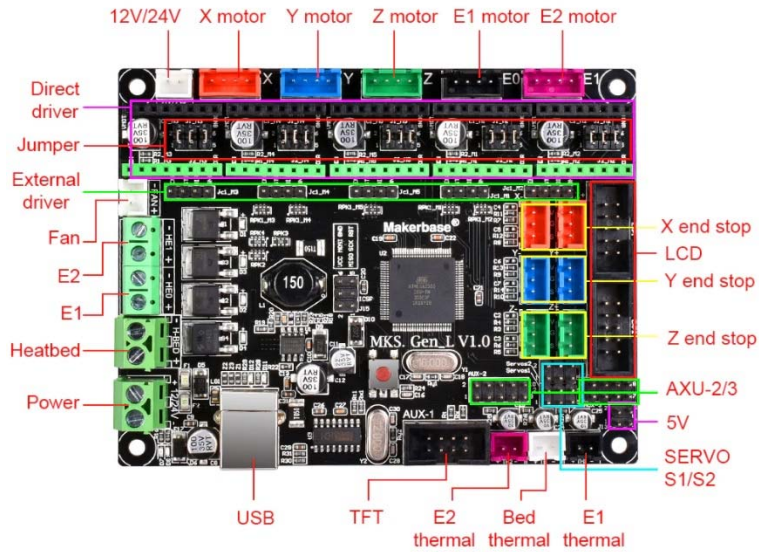
Elektroniikka osat tilattiin Aasiasta hinnan sekä saatavuuden perusteella. Laser, alumiiniprofiilit sekä moottorit oli järkevä tilata yhtenä pakettina vaikkakin ohjainlevy jäi käyttämättä. Isommat pultit, mutterit sekä ruuvit on yleisesti käytettyä hyllytavaraa, mutta esimerkiksi moottoreissa käytettävä M3 koko on osoittautunut vaikeasti löydettäväksi paikkakunnan rautakaupoista, kyseistä kokoa löytyy kuitenkin tilaamalla hyvin. Taulukossa 2.1 on esitetty osien hinnat postikuluineen. Laitteistoille kertyi hintaa noin 470 € kun hintaan lisätään myöhemmin esiteltävät muoviosat.

Taulukko 2.1

Nimike	Hinta
Rajoitin kytkimet	2,50 €
42mm Nema 17	7,77 €
48mm Nema 17	10,49 €
Ohjain & näyttö	11,45 €
MKS-GEN & moottorihajaimet	47,33 €
Eleksmaker A3 laser + alv.	253,24 €
Kotelo vaneri	40,00 €
Laakerit	5,00 €
Ruuvit & mutterit	8,00 €
GT2 hihna	5,00 €
Kaapelit & liittimet	5,00 €
Lineaariakselit	42,00 €
Yhteensä	437,78 €

2.1 Ohjainlevy

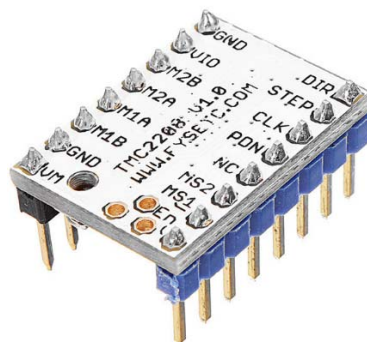
Levyssä tuli olla vähintään 5 askelmoottori lähtöä, 3 laserin moottoreita varten, yksi linjastoa varten sekä yksi poistamaan säkki laitteistosta. Levyn tulisi olla myös tuettu yleisesti 3D-tulostimissa käytetyssä avoimen lähdekoodin firmware Marlinissa. Vaikka Marlin on tarkoitettu 3D-tulostimen ohjaukseen, voidaan sillä ohjata myös laserin toimintaa, sillä se on hyvin samankaltaista. Laserin tehoa voidaan ohjata 5 voltin PWM-signaalilla (Pulssinleveysmodulaatio), joten levyn olisi myös kyettävä tuottamaan haluttu ohjaussignaali. Levyksi valikoitui kuvassa 2.1 näkyvä MKS Gen L V1.0.



Kuva 2.1 MKS Gen L V1.0.

2.2 Askelmoottoriohjaimet

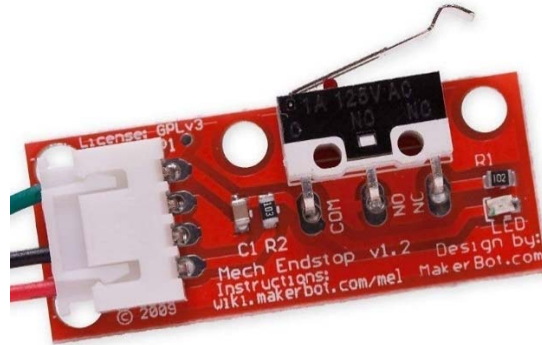
Viisi kuvassa 2.2 näkyvää TMC2208 askelmoottoriohjainta kuului samaan pakettiin ohjainlevyn kanssa. Ainoa ehto valinnalle oli tuki Marlinissa kyseisille ohjaimille. Ohjaimet kykenevät 1/256 askeleeseen, mutta työssä ajureita käytetään 1/16 tilassa. Ohjaimien jatkuvan tilan virrankesto on 1.4 A sekä huippuvirta 2 A.



Kuva 2.2 TMC2208.

2.3 Rajoitin kytkimet

Kytkimiksi valittiin kuvassa 2.3 näkyviä kolmen johtimen mekaanisia kytkimiä kertomaan ohjainlevylle akselin minimirajat. Ohjainlevyssä on tuki akselien maksimirajoille, mutta niitä ei tarvitse, mikäli rajat määritetään firmwaressa. Pakettina saapuneessa laserissa ei ollut rajoitinkytkimiä, joten ne lisättiin siihen, muuten laserin sijaintia olisi ollut mahdoton määrittää, koska valituissa askelmoottoreiden ajureissa ei ole tukea toimimaan ilman fyysisiä rajoitinkytkimiä.



Kuva 2.3 Rajoitinkytkin.

2.4 Moottorit

Laitteen kaikki askelmoottorit ovat Nema 17 moottoreita, joka on yleisin 3D-tulostimissa käytetty moottorityyppi. Moottorit ovat kestäviä, halpoja sekä helposti saatavilla. Linjastolle valittiin isompi 48mm pitkä moottori muiden ollessa 42mm. Nema 17 moottorit ovat hybridi askelmoottoreita ja vaativat 200 askelta yhteen pyörähdykseen. Täten täysaskel kääntää roottoria 1.8 astetta, joka aiheuttaisi liian suuren resoluution liikkeelle siksi moottoreiden kanssa tarvitaan edellä mainitut askelmoottorihjaimet, jotka kykenevät ohjaamaan moottoreita mikroaskeleilla. [1]

Linjaston isommalla moottorilla varmistettiin väännön riittävyys. Valitsemalla askelmoottori tavallisen DC-moottorin sijasta linjastolle, voidaan sitä ohjata ilman ylimääräisiä kytkimiä sijainnin määrittämiselle. Firmwaressa voidaan asettaa jokaiselle akselille omat maksiminopeudet sekä -kiihtyvyydet, mikäli g-koodissa olevat arvot ovat suurempia kuin firmwaren arvot rajautuvat ne tällöin vastamaan firmwaren maksimiarvoja. Moottoreiden virrat säädetään askelmoottorinohjaimista.

2.5 Näyttö & ohjain

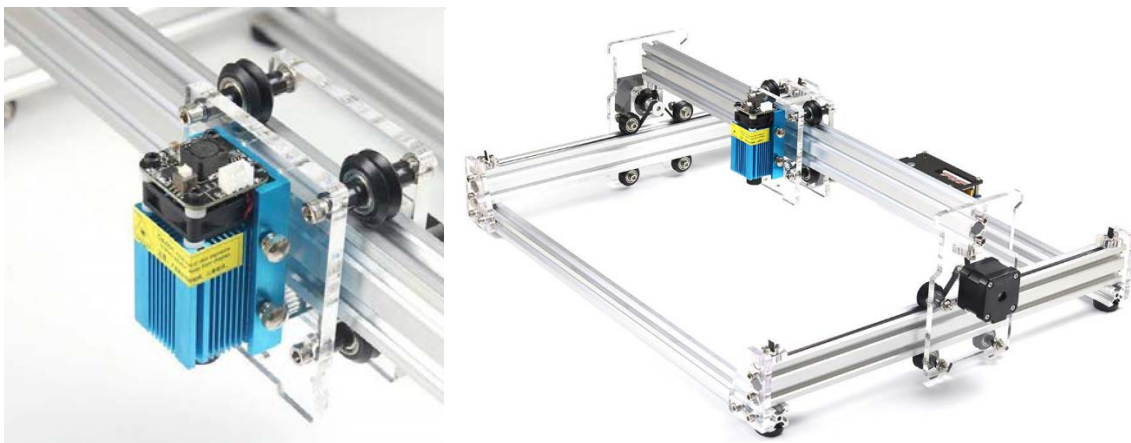
Valinta perusteena tuki Marlinissa, yhteensopivuus ohjainlevyn kanssa sekä muistikorttituki. Ohjaimeksi valittiin kuvassa 2.4 näkyvä RepRapDiscount Full Graphic Smart Controller. Ohjaimen näytössä on 128 kertaa 64 pikseliä ja sillä voidaan ohjata ohjainlevyä kuten valita tiedosto muistikortilta, liikuttaa moottoreita tai esimerkiksi muuttaa firmwaressa määritettyjä asetuksia. Näytön liittimet sopivat ohjainlevyyn melkein suoraan. Liittimet olivat oikean malliset mutta johdot olivat ylösalaisin suhteessa ohjainlevyn pinneihin. Liittimissä ollut hammas täytyi hioa pois, jotta liittimen sai sopimaan ohjainlevyn liittimeen.



Kuva 2.4 RepRapDiscount Full Graphic Smart Controller 12864.

2.6 Laser

Laserilta vaadittavaa tehoa oli hankala määrittää ennen testejä, joten tehoksi tuli valita ”varmasti” riittävän tehokas sillä tehoa tulisi joka tapauksessa pystyä rajoittamaan. Laseriksi valittiin kuvassa 2.5 näkyvä EleksMaker:n 2500 mW:n diodilaser.



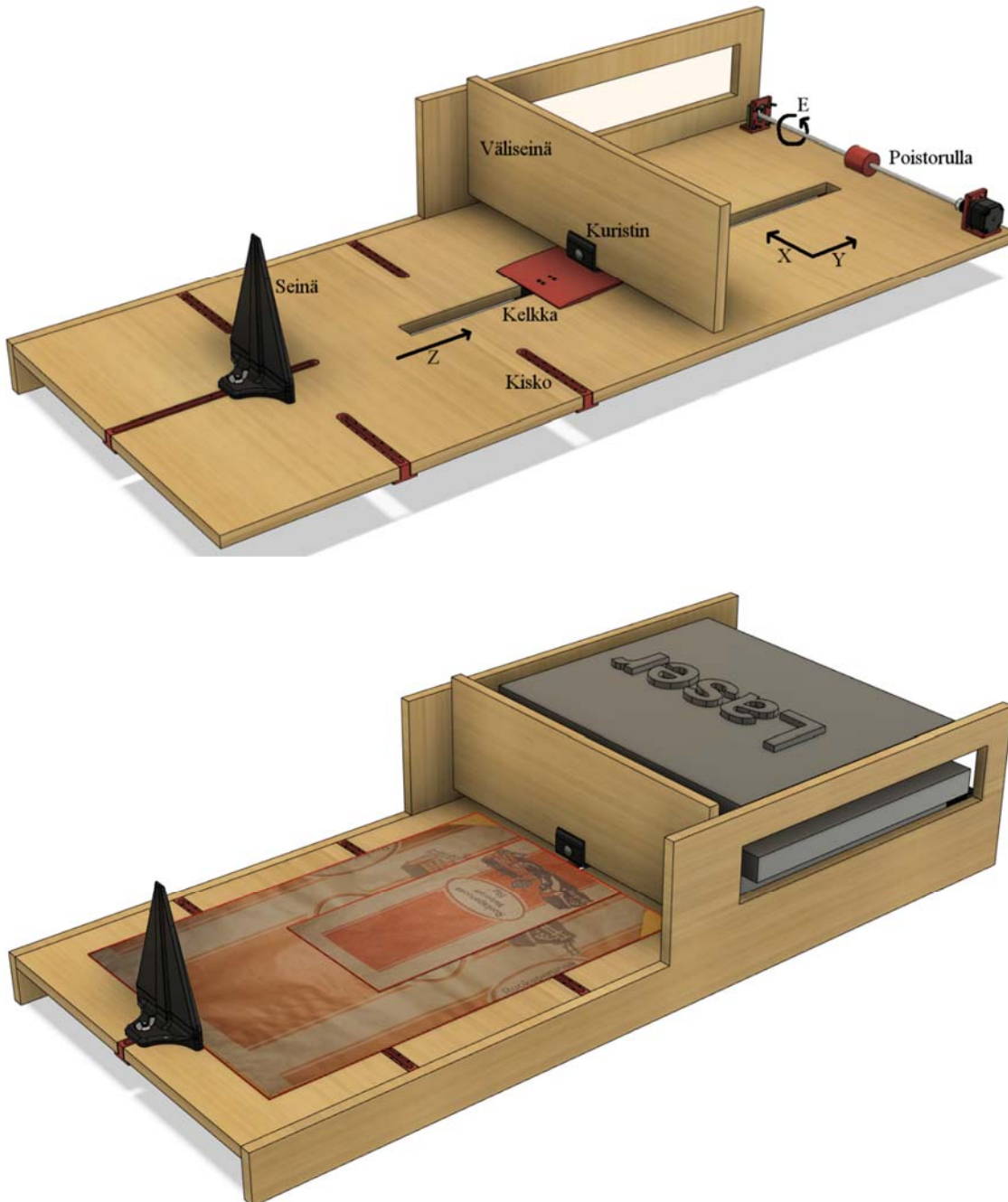
Kuva 2.5 Diodilaser sekä siihen kuulunut runko.

2.7 Runko

Runko suunniteltiin alusta alkaen tehtäväksi 18 mm vanerista sillä myöhemmin esiteltävät muoviosat suunniteltiin ja toteutettiin ennen vanerin hankkimista. Vaneriksi valittiin filmivaneri minimoimaan säkin ja rungon välistä kitkaa sekä vähentämään materiaalin käsittely tarvetta.

3 Toiminta ja toteutus

Kappaleessa esitellään laitteen toimintaa sekä kuinka toiminnot toteutettiin. Kuvassa 3.1 on esitetty suunniteltu laite sekä nimetty eri osat ja akselit, joita käsitellään kappaleessa. Ohjelmistossa käytetään neljää eri akselia X, Y, Z ja E. Z-akseli käsittää kelkan liikkumisen edes takaisin ja on täten yhdensuuntainen laserin Y-akselin kanssa. E-akseli käsittää poistorullan pyörimisen.



Kuva 3.1 Laite sekä sen pääkomponentit.

3.1 3D-tulostetut osat

Jotta osat voitiin 3D-tulostaa, täytyi ne luonnollisesti 3D-mallintaa. Samalla mallinnettiin myös leikattavat puuosat, jolloin voitiin varmistaa, että kaikki osat mahtuvat paikoilleen. Mallinnus suoritettiin Autodeskin Fusion 360 -ohjelmalla, josta osat voitiin suoraan viedä Prusan kehittämään PrusaSlicer ohjelmaan, jossa muodostetaan g-koodi 3D-tulostimelle. Fusion 360 sisältää myös kirjaston yleisille komponenteille, jolloin esimerkiksi pultteja, muttereita yms. ei tarvinnut mallintaa itse. Malliin on työn takia mallinnettu toteuttamisen kannalta tarpeettomasti monia komponentteja kuvaamaan toimintaa paremmin.

Kaikki muoviset osat lukuun ottamatta poistorullaa tulostettiin Das filamentin PETG-materiaalista, tulostimena toimi Original Prusa i3 MK3s. PETG sopii hyvin mekaanisille osille, sillä se on vahvaa, kestää lämpöä noin 80 C asti, kestää hyvin kemikaaleja sekä kerrokset tarttuvat hyvin toisiinsa [2]. Lisäksi perustuen omiin kokemuksiin PETG on merkittävästi helpommin tulostettavaa verrattuna muihin kestäviin 3D-tulostus materiaaleihin.

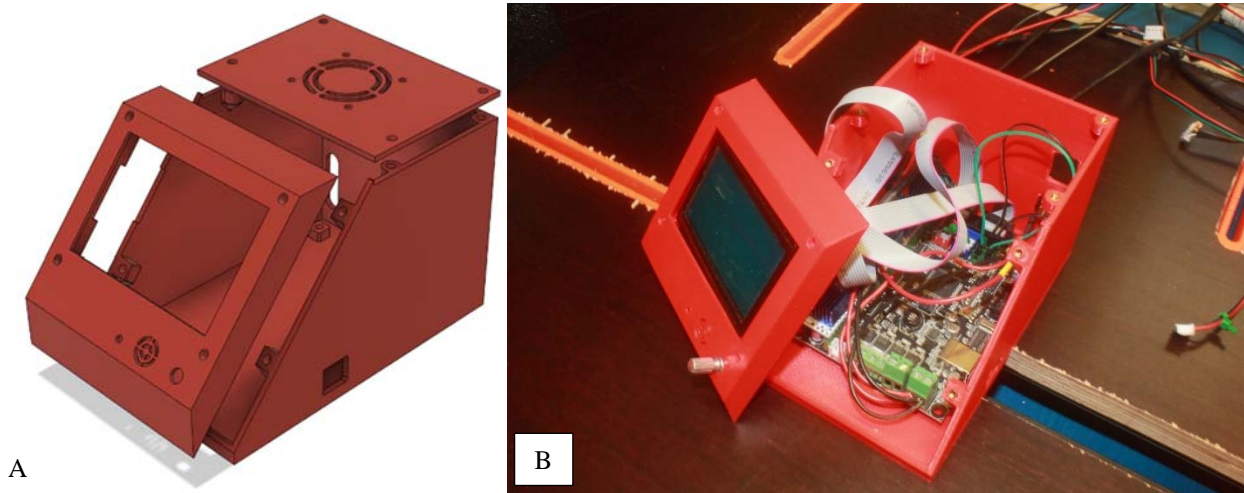
Osat suunniteltiin siten että ne voidaan tulostaa ilman tukirakenteita. Osat pyrittiin myös tulostamaan siten että niihin kohdistuva suurin voima ei olisi tulostuskerrosten suuntainen. Kaikki osat tulostettiin 0.2 mm kerroksilla ja 15-20 % täytöllä lukuun ottamatta hihnan kiristimiä, joissa käytettiin 60 % täyttöä. Osien tulostusajat, käytetty materiaali ja hinta ovat esitetty taulukossa 3.1, hinnassa on otettu vain materiaalin hinta huomioon. Paino sekä ajat ovat PrusaSlicerin ilmoittamia ja ovat tarkkuudeltaan riittäviä vastaamaan todellisia lukuja. Lopullisten osien tulostukseen menee noin 100 tuntia huomioon ottaen kappaleiden vaihdot sekä tulostimen lämpenemisajat. Aktiivista työaika käyttäjältä on noin 5 tuntia, johon sisältyy esimerkiksi tulostusasetuksien valinta, kappaleen poistaminen tulostimesta sekä kappaleiden jälkikäsittely sekä tulostimen toiminnan varmistaminen tietyin väliajoin.

Taulukko 3.1

Osa	Aika [h:m:s]	Paino [g]	Materiaalia	Lkm	Aika yht [h:m:s]	Paino yht [g]	Hinta
Kisko sivu	2:55:36	34,5	PETG	4	11:42:24	138,0	3,96 €
Kisko taka	5:31:12	67,46	PETG	1	5:31:12	67,5	1,94 €
Kotelon seinä	7:10:37	103,6	PETG	5	11:53:05	518,0	14,86 €
Syöttökuristin	1:58:57	13,48	PETG	1	1:58:57	13,5	0,39 €
Jalka	3:47:35	47,12	PETG	1	3:47:35	47,1	1,35 €
Siipi	5:44:03	61,64	PETG	1	5:44:03	61,6	1,77 €
Kiristimet	1:31:11	13,49	PETG	1	1:31:11	13,5	0,39 €
Hihnapyörän pidike	1:08:15	11,28	PETG	1	1:08:15	11,3	0,32 €
Akselinkannatin	1:39:57	18,09	PETG	2	3:19:54	36,2	1,04 €
Moottorinpidike Z-akseli	1:00:36	8,59	PETG	1	1:00:36	8,6	0,25 €
Laakeripesä	2:05:04	18,76	PETG	1	2:05:04	18,8	0,54 €
Moottorinpidike poisto	2:04:54	17,14	PETG	1	2:04:54	17,1	0,49 €
Näyttö- ja ohjainkotelo	16:43:00	174,32	PETG	1	16:43:00	174,3	5,00 €
Poistorulla	3:26:29	20,08	Semi Flex	1	3:26:29	20,1	1,60 €
Yhteensä					95:56:39	1145,5	33,89 €

3.2 Näytön ja ohjainlevyn kotelointi

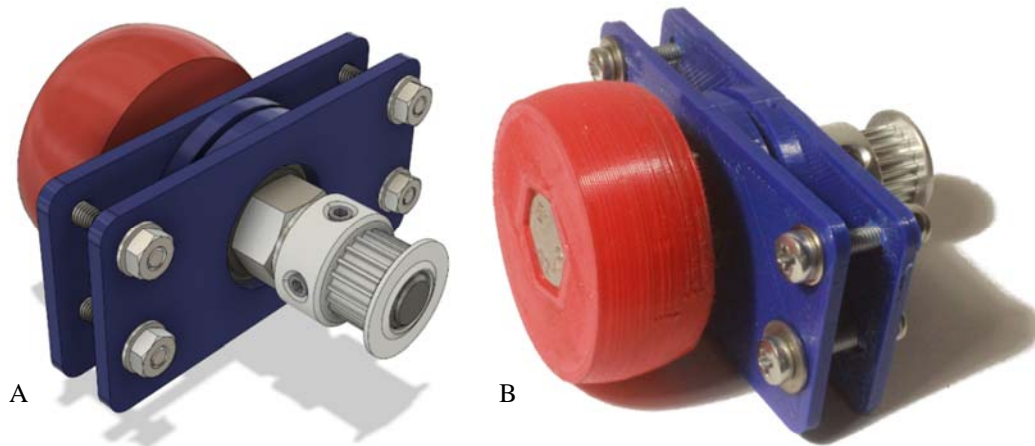
Näytölle sekä ohjainlevylle tehtiin kuvassa näkyvä 3.2 kotelointi. Näyttö, ohjainlevy sekä palaset kiinnittyvät muoviin upotetuilla messinki kierreinsterteillä.



Kuva 3.2 Suunniteltu (A) ja toteutunut (B) kotelointi.

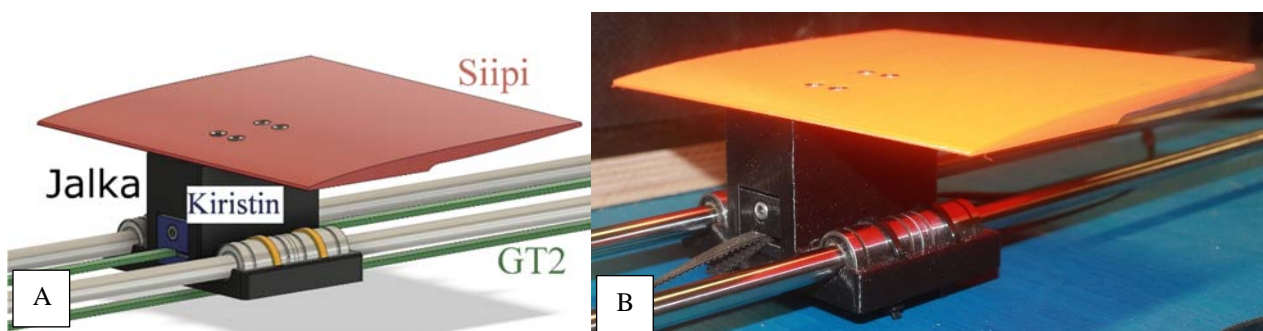
3.3 Säkin siirtely

Ensimmäinen idea oli suorittaa säkin siirtäminen käyttämällä kuvassa 3.3 näkyvää semiflex-filamentista tulostettua rullaa, joka pyörisi tulostimen rungon sisään puristetussa laakerissa. Rullia olisi ollut 3–4 kappaletta ja niitä olisi ajettu hihnavetoisesti. Yksittäinen rulla toimi testeissä kohtuullisesti, mutta ajatus niiden käyttämisestä hylättiin ennen useamman rullan testiä. Toimiva voimansiirto olisi vaatinut lukuisia lisärullia puristamaan hihnaa hihnarullien ympärillä riittävän kontaktin saamiseksi. Toiseksi ongelmaksi olisi voinut muodostua säkin lipsuminen yhden rullan alla, jolloin säkkiin olisi syntynyt mutka, joka olisi lopulta johtanut ongelmiin. Rullien kontakti kohta säkkiin olisi ollut myös toislaitainen, jolloin olisi vaadittu ohjurit koko linjaston matkalla, ettei säkki olisi alkanut pakenemaan rullien alta. Hihnan olisi myös pitänyt olla lenkkihihna, sopivan mittainen olisi todennäköisesti löytynyt, linjaston olisi voinut mitoittaa hihnalle sopivaksi tai liitoksen olisi pystynyt tekemään itse. Rullatavara on kuitenkin halvempaa, sitä löytyy kaikkialta ja hihnan saa aina oikean mittaiseksi. Testissä käytettiin nippusiteillä liitetty hihnaa, joka toimi riittävästi testausvaiheessa. Firmwaren kannalta vain yhteen suuntaan pyörivä Z-moottori olisi aiheuttanut Z-akselin ajautumisen kohti ääretöntä, jolloin säkin sijainti linjastolla olisi ollut vaikea määrittää pelkällä moottorin sijaintitiedolla.

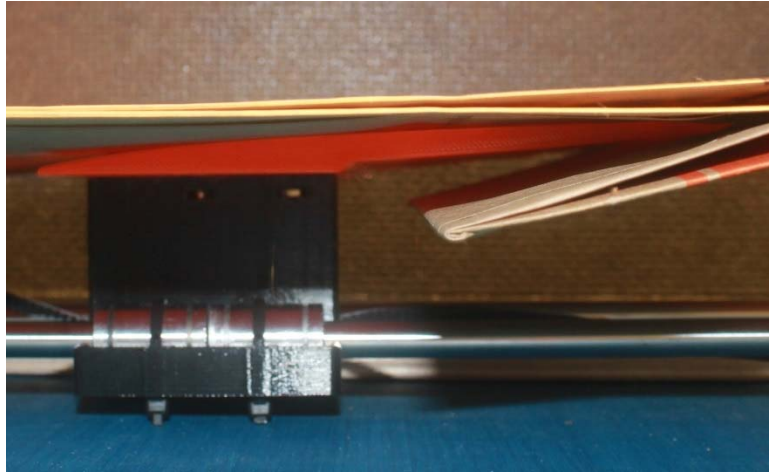


Kuva 3.3 Suunniteltu (A) ja toteutunut (B) rulla liikuttelemaan säkkiä linjalla.

Ratkaisuksi muodostui lopulta kuvassa 3.4 näkyvä lineaariakseleilla liikkuva kelkka, joka pystyy tarttumaan säkin pohjassa olevaan taitokseen siivellä. Mikäli säkeissä ei olisi ollut kuvassa 3.5 näkyvää taitos kohtaa olisi edellä mainittu ratkaisut ollut ainoa toteutettavissa ollut ratkaisu. Siipi on vaihdettavissa, mikäli se rikkoontuu tai mikäli halutaan tehdä uusi muotoilu toiminnan parantamiseksi. Siiveke kiinnittyy jalkaan neljällä ruuvilla jalan sisässä oleviin muttereihin. Nippusiteet kannattelevat kelkkaa tankojen varassa ja jalan muotoilu estää laakereita pakenemasta Z-suunnassa. Mikäli nippusiteet eivät kestä niille kohdistettua voimaa voidaan laakereiden paikka tehdä jalan alapuolelle, käytetty ratkaisu valittiin tulostusteknisistä syistä. Jalka sisältää kuvassa 3.6 olevan hihnan kiristimen, jossa tapahtuu myös hihnojen päiden liittäminen. Hihna voidaan pujottaa sille tarkoitettuun koloon siten että hihnan hampaat menevät lomittain ja estävät täten hihnan luisumisen. Palikoita voidaan vedättää yhteen ruuvilla, jonka jälkeen palat lukitaan jalan pohjassa olevilla ruuveilla. Kelkkaa liikuttava systeemi on kokonaisuudessaan näkyvissä kuvassa 3.7.



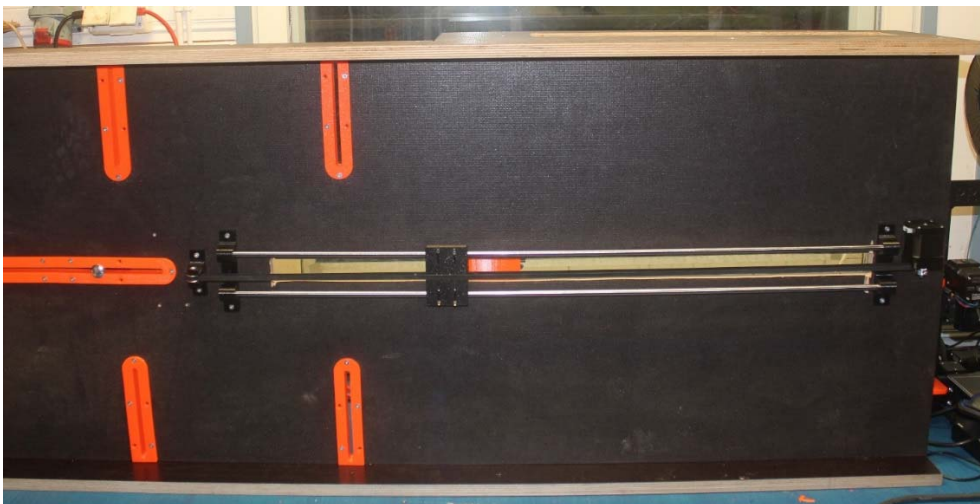
Kuva 3.4 Suunniteltu ja toteutunut kelkka.



Kuva 3.5 Siipi sekä tarttumiskohta säkkiin



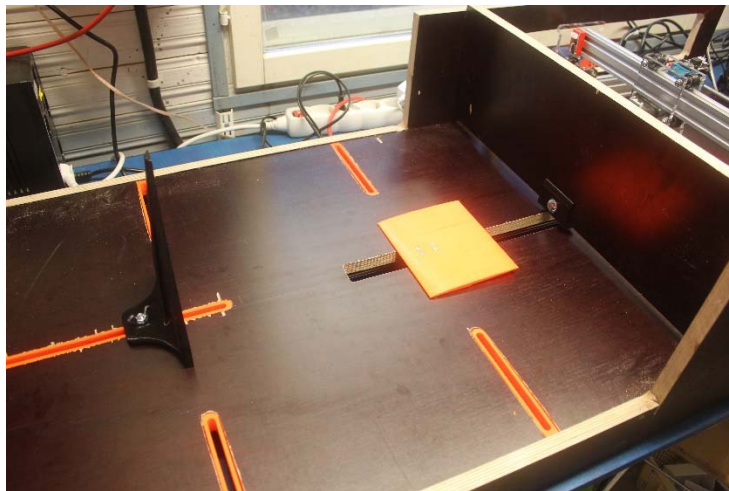
Kuva 3.6 Hihnan liitos sekä kiristin.



Kuva 3.7 Kelkan voimansiirto alhaaltapäin kuvattuna.

3.4 Säkkikotelo

Säkkejä pystytään koon mukaan lastaamaan koteloon 30-100 kappaletta. Kotelon kokoa täytyy pystyä muuttamaan kuvassa 3.8 näkyvillä seinillä leveys sekä pituus suunnassa, jolloin voidaan varmistua säkkien olevan oikeassa kohdassa kelkkaa varten. Seiniä voidaan siirtää kuvassa 3.9 näkyvässä tulostetuilla vaneriin upotetuilla kiskoilla, seinät ovat kiskossa kiinni alhaalta tulevalla kupukantapultilla sekä siipimutterilla, jolloin niitä on kätevää muuttaa käsin. Kiskot kiinnitetään vaneriin uppokanta ruuveilla alhaaltapäin, jolloin kotelon pohja jää tasaiseksi.



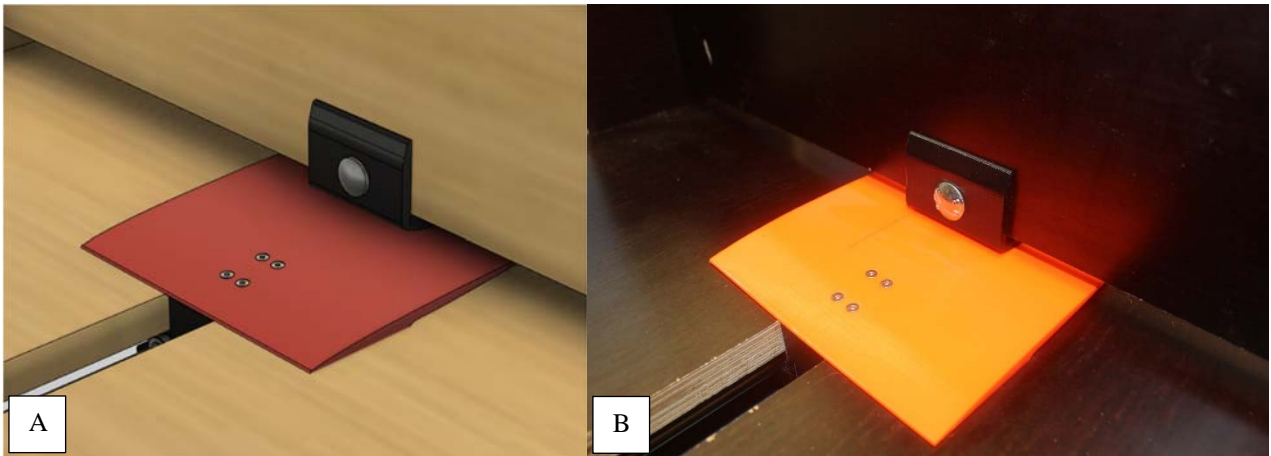
Kuva 3.8 Toteutunut kotelo.



Kuva 3.9 Toteutunut säätökisko alapuolelta kuvattuna.

3.5 Kuristin

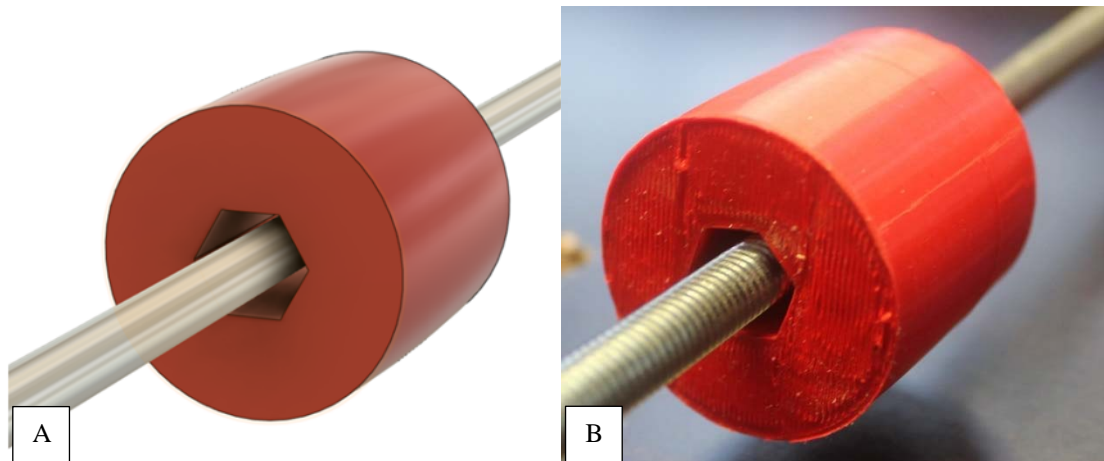
Kun säkki oli saatu tarttumaan siipeen kiinni, täytyi jotenkin estää useamman säkin siirtyminen linjastolle. Rungon väliseinään tehtiin kuvassa 3.10 näkyvä kuristin, johon ylimääräisen säkin tulisi lopulta juuttua kiinni kitkan kasvaessa riittävän suureksi. Kuristin kiinnitetään toistaiseksi yhdellä pultilla mutta lopullisen version tulee olla kiinni kahdesta kohdasta, jolloin kuristin ei pääse kääntymään vinoon.



Kuva 3.10 Suunniteltu (A) ja toteutunut (B) kuristin.

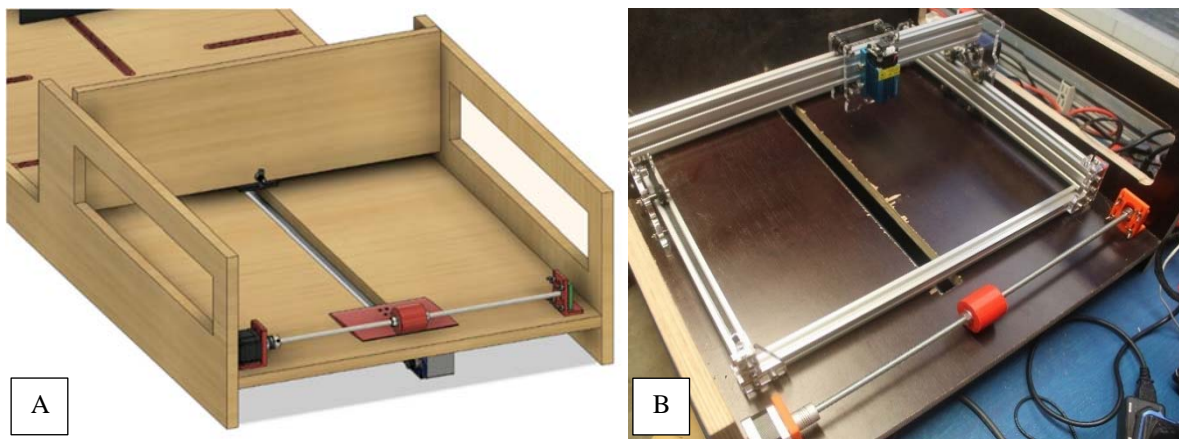
3.6 Poistorulla

Säkin viimeinen liikuttelu linjastolla tapahtuu kuvassa 3.11 näkyvällä semi flex -materiaalista tulostetulla rullalla. Rullan sisässä on kaksi kappaletta M8 muttereita kiinnittämään rulla kierretankoon radiaali suunnassa sekä 2 mutteria ulkopuolella estämään rullan liikkuminen akselin suuntaisesti.



Kuva 3.11 Suunniteltu (A) sekä toteutunut (B) poistorulla.

Kuvassa 3.12 näkyvä kierretanko on kiinnitetty moottoriin joustavalla akselisovitteella ja koko pakkaa voidaan säätää korkeus suunnassa, jolloin voidaan hakea riittävä puristus voima siiven ja rullan väliin. Kierretangon toinen pää on kahden levyn väliin puristetussa laakerissa. Joustava akselisovite mahdollistaa pienet linjausvirheet sekä tarjoaa rullalle pientä jousto varaa säkin tullessa alle sillä eri säkki koot ovat hieman eri paksuisia. Ohjelmistossa poistorulla vastaa filamenttia syöttävää moottoria E, joka myös pyörii vain yhteen suuntaan, jolloin ei synny ohjelmistollisia ongelmia. Mikäli rullassa huomataan lipsumista tai nopeaa kulumista, on vaihtoehtoina toinen materiaali tai valmiin rullan hankkiminen ja sovittaminen tankoon.



Kuva 3.12 Suunniteltu (A) ja toteutunut (B) poistorulla sekä sitä liikuttava systeemi.

3.7 Firmware

Marlin on avoimen lähdekoodin firmware 3D-tulostimille. Avoin lähdekoodi mahdollisti firmwaren muokkaamisen sopivaksi käyttökohteeseen. Vaikka Marlinissa on paljon toimintoja, joita ei laserkäytössä pääse hyödyntämään oli se järkevä valita jatkuvan päivityksen sekä laajan valmiiksi määritettyjen komponenttien kirjaston takia. Marlinista löytyy valmiiksi yleisimmät ohjainlevyt, askelmoottori ajurit, näytöt sekä sensorit. Komponentteja hankkiessa oli helppo tarkistaa tuki Marlinin lähdekoodista sekä muutoksista, joita siihen pystyi tekemään. [3]

Laitteiston dimensioita ei luonnollisesti ollut valmiina, joten ne asetettiin oikeaksi. Dimensioiden avulla ohjelmisto tietää kuinka paljon laite kykenee liikkumaan pois päin kotiasemasta ennen kuin se törmää akselin päähän tai muuhun esteeseen. Moottoreiden maksiminopeudet sekä kiihtyvyydet muutettiin sopivaksi, arvoja tullaan vielä muuttamaan käytön aikana laitteelle optimiksi. Firmwaressa määritettiin myös moottorien positiivinen pyörimissuunta sekä merkkausalue suhteessa kotiasemaan. 3D-tulostimen tulostuspäälle ja tulostuspedille tarkoitettuja lämpötila-antureita voidaan halutessa

käyttää laserin lämpötilan sekä huonelämpötilan tarkasteluun ja merkkauksen keskeytykseen, mikäli havaitaan liian korkeita lämpötiloja. Mikäli lämpötila-antureita ei käytetä, täytyy toiminnot poistaa käytöstä sillä ne estävät ohjelmiston toimimisen.

Laitetta on tarkoitus alussa käyttää ilman varmistusta siitä, että säkki on onnistuneesti siirretty pinkasta merkkausalueelle, myöhemmin on mahdollista hyödyntää 3D-tulostimelle tarkoitettua filamenttisensoria, joka pysäyttää laitteen, jos filamentin syöttö katkeaa ja jää odottamaan käyttäjän vahvistusta korjauksesta. Sensoria voidaan kytkeä päälle ja pois g-koodissa, jolloin ohjelmisto odottaa säkin olevan paikallaan vasta merkkauksen alkaessa eikä tällöin katkaise toimintaa säkin vaihdossa. Sensori tulee olemaan todennäköisesti runkoon upotettua metallilevyä kohden, jolloin säkin tullessa väliin sensori havaitsee muutoksen.

4 Tulokset

Toimintaa testattiin käyttämällä Pronterface ohjelmaa. Ohjelma on tarkoitettu ensisijaisesti 3D-tulostimelle, mutta tarjoaa hyvät työkalut tämän laitteiston testaukseen. Ohjelmalla voidaan lähettää g-koodi komentoja USB-yhteyden (Universal Serial Bus) kautta sekä luoda useamman komennon makroja. Ohjelma hahmottaa myös tekstitiedostosta työkalun kulkureitin. [4]

Säkin poimiva siipi toimi yllättävän hyvin koko testauksen ajan, siipi meni aina sille tarkoitettuun kohtaan säkissä sekä palasi säkkipinkan alle ongelmitta.

Poistorullan säätövara on hieman pielessä sillä rakenne joustaa odotettua enemmän, jolloin rullaa tulee painaa enemmän kohti siipeä. Lisäksi poistorullan moottori on mahdotonta poistaa kiinnikkeestä sillä moottorin takana ei ole riittävästi tilaa. Kiinnike täytyy suunnitella uusiksi siten että sen kiinnitys tapahtuu moottorin peittämän alueen ulkopuolelta tai akselille tehdään ura, josta se mahtuu poistumaan. Rulla poistaa säkin linjastolta, mutta lipsumista on havaittavissa. Rulla kannattaa tehdä pehmeämmästä materiaalista parantamaan pitoa säkkiin.

Syöttökuristimen toinen versio toimi kohtuullisesti poimimalla noin kahdeksan kertaa kymmenestä yhden 5 kg:n säkin sekä yhdeksän kertaa kymmenestä 15 kg:n säkin. Isompia säkkejä on huomattavasti helpompia estää menemästä useampaa kappaletta, koska ne ovat paksumpia. Paremmalla siiven muotoilulla sekä kuristinta leventämällä saadaan todennäköisesti hyvinkin luotettava toiminta.

Lineaariakselien korkeus mitoitettiin siten että siiven pohja kulkee millin rungon pohjan yläpuolella estämään siiven hankautuminen rungon pohjaan. Tästä ja lineaariakselien pituudesta johtuen aiheutuu kuitenkin se, että siipi joustaa ehkä liikaakin alaspäin kohdissa, jossa kaivattaisiin puristusvoimaa siiven ja kohteen väliin.

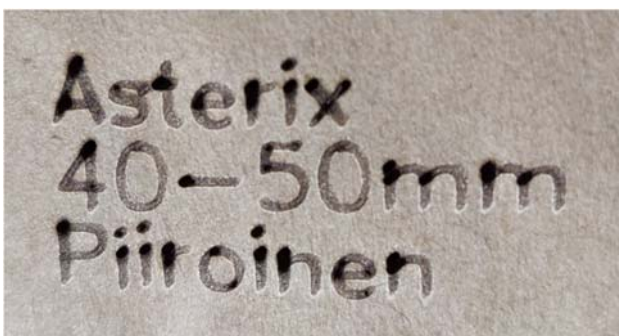
Kotelon pohja ja sivulevyt saatiin ulkomitoiltaan määrämittaen leikattuna, tosin olivat ne puoli senttimetriä liian lyhyet. Urat ja kolot leikattiin pienellä pöytäsiirkkelillä ja pistosahalla, joten lopputulos on prototyypille juuri riittävä. Lopulliset levyt on tarkoitus tilata urineen leikattuna, kunhan laitetta on testattu riittävästi. Prototyypin levyjä ei ollut mielestäni järkevää tilata kokonaan valmiiksi leikattuna sillä muutoksia todennäköisesti tulisi tapahtumaan. Testissä käytettiin vain kotelon takaseinän säätöä, joka yksinäänkin toimi hyvin, sivuseiniä tarvitaan, kunhan laitteen kotelo

laitetaan täyteen 5 kg:n säkkejä. Loput kotelon säätöseinistä tehdään luultavasti myös tulostamalla takaseinän tavoin.

Hihnaliitin, joka toimi myös samalla kiristimenä toimi odotetusti. Kiristysruuvi oli testissä 5 mm liian lyhyt, joten kiristäminen oli hieman haastavaa, mutta kiristys tehdään harvoin, joten se ei muodostu ongelmaksi.

Alustavien testien perusteella asetin tavoitteen, että kotelosta voitaisiin poimia 15 kg:n säkkejä 20 kappaleen pinkasta, koska käsitesteissä siihen tarvittava voima tuntui jo kohtuullisen suurelta. Testissä kuitenkin 30 kappaleen pinkka ei tuottanut ongelmaa, joka on riittävä. 5 kilon säkkejä voidaan huoletta laittaa se mitä koteloon mahtuu. Koska moottorin nopeutta on helppo muuttaa, voidaan kelkkaa ajaa ensin hitaammin säkin poiminta hetkellä ja nopeuttaa moottoria, kunhan suurin kuorma on ohi.

Kuvassa 4.1 näkyvää laserin tuottamaa jälkeä säkkiin testattiin heti projektin alussa sekä muiden osien valmistuttua. Laser polttaa kirjainten lähtökohtaa liikaa, sillä laser liikkuu hitaammin suhteessa tehoon, koska laserin nopeus ei voi välittömästi siirtyä työnopeuteen. Läpipalaminen ei sinänsä ole ongelma sillä se ei vaikuta säkin kestävyyteen tai tuotteen säilymiseen vaan on enemmän esteettinen kysymys. Koska laserin polttopiste säädetään epätarkaksi, voidaan kuvasta nähdä myös, että polttopiste on epäsymmetrinen, joka myös aiheuttaa epätasaista jälkeä. Teksti on kuitenkin selvästi tulkittavissa ja täten täyttää vaatimukset. Itse tekstin merkkäusnopeus on noin 10 sekuntia ja säkin siirtelyn kanssa noin 15 sekuntia, joka jää hieman asetetulle tavoitteelle.



Kuva 4.1 Merkkäusjälki säkissä.

Moottoreiden ja antureiden johdot ovat linjastolle liian lyhyet, joten niitä täytyy pidentää tai tilata pitempiä kaapeleita. Lisäksi ostetuista rajoitinkytkimistä kaksi kolmesta näyttäisi olevan viallisia, joten ne täytyy uusia ennen linjaston ja laserin yhteisen toiminnan testausta. Toisen toiminnalla toiseen ei ole vaikutusta, joten voidaan olettaa molempien toimivan myös yhdessä.

Näytön ja ohjainlevyn kotelointi olisi kannattanut tehdä avonaisemmaksi tai erottaa ohjainlevy ja näyttö kokonaan toisistaan. Liittimiin käsiksi pääsy on tällä hetkellä ahdasta ja vaatii aina näytön irrottamisen. Ohjainlevylle sekä näytölle tullaan tekemään omat kotelot, jotka kiinnitetään suoraan runkoon, jossa niitä on helpompi käsitellä.

Merkkauksesta aiheutuu höyryä, joka ei avonaisessa tilassa ole ongelma, mutta mikäli laitetta käytetään suljetussa tilassa, tarvitsee se puhaltimen poistamaan höyryt tilasta. Laserin sädettä ei käytössä tarvitse katsoa mutta kannattaa rungon päälle lisätä suojalevy estämään mahdollisia silmävaurioita.

5 Johtopäätökset

Askelmoottoriohjaimiksi olisi kannattanut valita esimerkiksi TMC2130, jotka kykenevät kertomaan firmwarelle, mikäli ne törmäävät esteeseen. Jos kelkka nyt törmää johonkin, hihna alkaa luistamaan hihnapyörässä ja ohjelmisto menettää moottorin sijainnin. Kotiasemaan eli nollapisteeseen tultaessa firmwaressa on ajastin joka lopulta lopettaa g-koodin toistamisen, mikäli kotiaseman kytkintä ei saavuteta tietyssä ajassa. Mikäli törmäys tapahtuu laserille mennessä ei ole toistaiseksi mitään keinoa varmistaa, että säkki on siirretty onnistuneesti kohteeseen. Kappaleessa 3.7 mainittu sensori säkin tunnistamisille tavallaan havaitsee myös, mikäli kelkka on matkalla juuttunut kiinni esimerkiksi syötönkuristimeen sillä, mikäli säkki ei saavu kohteeseen on jossain ongelmia. Oli se sitten se, että säkit ovat loppuneet, säkki ei ole tarttunut siipeen kiinni tai kelkka on juuttunut kiinni niin kannattaa merkkkaus keskeyttää ja tarkastaa syy.

Mikäli laserin liiallista polttoa lähtökohdissa ei saada poistettua pelkällä g-koodin parannuksella olisi pitänyt firmwareksi valita joku muu kuin Marlin. Firmwaren tai g-koodin olisi kyettävä muuttamaan laserin tehoa kohdissa, joissa laser ei kulje sille asetetulla nopeudella. Ratkaisua haetaan ensin g-koodista ja mikäli se osoittautuu hankalaksi, täytyy harkita firmwaren vaihtoa. Mikäli käytössä todetaan, että diodilaserilla ei saada haluttua jälkeä tai mikäli merkkaustarpeen kasvaessa diodilaser on liian hidas, voidaan linjastolle integroida nopeampi ja parempi merkkkauslaite.

Haluttu toiminnallisuus saavutettiin merkkkausnopeutta lukuun ottamatta. Laitteesta tuli mielestäni riittävän yksinkertainen suorittamaan sille asetetut tavoitteet. Laseria voidaan halutessa käyttää yksinään ilman linjastoa, joka mahdollistaa myös muiden kappaleiden merkkaamisen. Laserin merkkkaus jälkeä testattiin esimerkiksi pahvisiin marjalaatikoihin, jolle voisi olla käyttöä tulevaisuudessa. Merkkausjälki näkyi paremmin paksummassa materiaalisissa, eikä se ajallisesti vienyt pitempään. Laitteen materiaalikustannukset kestivät sille asetuissa rajoissa mutta mikäli suunnittelulle ja rakentamiselle lasketaan rahallista korvausta, voidaan miettiä, että oliko laite järkevä toteuttaa.

Laite on helppo kasata ja valmistaa ja täten myös huoltaa ja korjata. Laitteen ominaisuudet ovat nopeasti muokattavissa eikä laitteen valmistaminen vaadi erikoistaitoja. Moottoreiden kokoa voidaan kasvattaa ilman ohjelmisto muutoksia sekä 3D-tulostettuja osia voidaan muokata nopeasti. Jatkokehittelyä voidaan täten tehdä pienissä askelissa ajan salliessa. 3D-tulostus maailma jatkaa

kehitystään ja täten myös sieltä voidaan ottaa uusia ideoita sekä komponentteja parantamaan laitteen toimintaa tulevaisuudessa.

Laitteen ohjelmisto puolen käyttäminen on kömpelöä, sillä se vaatii monen ohjelman käyttämistä yhteen sekä laite vaatii alussa hyvinkin tarkkaa valvontaa mahdollisten virhetilojen varalta. 3D-tulostimien ja laserkaivertimien kanssa aiemmin toiminut henkilö todennäköisesti pystyisi käyttämään laitetta puolen tunnin opastuksella.

LÄHDELUETTELO

1. Circuit globe, Hybrid Stepper Motor [verkkodokumentti]. [Viitattu 13.11.2019]. Saatavilla <https://circuitglobe.com/hybrid-stepper-motor.html>
2. 3D insider, PETG Filament: Properties, How to Use, and Best Brands [verkkodokumentti]. [Viitattu 1.11.2019]. Saatavilla <https://3dinsider.com/petg-filament/>
3. Marlin [verkkodokumentti ja ohjelmisto]. [Viitattu 15.11.2019]. Saatavilla <http://marlinfw.org/>
4. Pronterface [verkkodokumentti ja ohjelma]. [Viitattu 25.11.2019]. Saatavilla <https://www.pronterface.com/>